

Ageo Mário Cândido da Silva^I

Inês Echenique Mattos^{II}

Eliane Ignotti^{IV}

Sandra de Souza Hacon^{III}

Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias

Particulate matter originating from biomass burning and respiratory

RESUMO

OBJETIVO: Analisar os efeitos da exposição de partículas finas de queimadas sobre as internações por doenças respiratórias em crianças e idosos.

MÉTODOS: Estudo ecológico de série temporal em Cuiabá, estado de Mato Grosso, região da Amazônia brasileira, durante 2005. Níveis diários de material particulado fino $PM_{2.5}$ foram estimados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Variáveis relacionadas a temperatura, umidade relativa e ajustes por tendência temporal, sazonalidade e efeitos de calendário foram incluídos no modelo. Utilizou-se a Regressão de Poisson por modelos aditivos generalizados.

RESULTADOS: Crescimento de 10 mg/m^3 nos níveis de exposição ao $PM_{2.5}$ foi associado a aumentos de 9,1%, 9,2% e 12,1% das internações hospitalares de crianças, relacionados às médias móveis de 1, 2 e 5 dias, respectivamente. O nível de exposição ao material particulado foi associado a aumentos de 11,4%, 21,6% e 22,0% em crianças, referentes às médias móveis de 1, 5 e 6 dias, respectivamente, para a estação seca. Não foram observadas associações significativas para os idosos.

CONCLUSÕES: Foi evidenciada a influência de $PM_{2.5}$ sobre a ocorrência de internações por doenças respiratórias em crianças < 5 anos, na região estudada.

DESCRITORES: Criança. Idoso. Doenças Respiratórias, Epidemiologia. Material Particulado, Toxicidade. Poluição do Ar, Efeitos Adversos. Estudos Ecológicos.

^I Núcleo de Estudos Ambientais e Saúde do Trabalhador. Instituto de Saúde Coletiva. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, Brasil

^{II} Coordenadoria de Vigilância em Saúde do Trabalhador. Secretaria do Estado de Saúde do Governo de Mato Grosso. Cuiabá, MT, Brasil

^{III} Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^{IV} Universidade Estadual de Mato Grosso. Cuiabá, MT, Brasil

Correspondência | Correspondence:

Ageo Mário Cândido da Silva
Instituto de Saúde Coletiva – UFMT
Av. Fernando Corrêa, 2367 Bloco CCBSIII
2º piso Boa Esperança
78060-900 Cuiabá, MT, Brasil
E-mail: ageoms@hotmail.com

Recebido: 12/6/2012
Aprovado: 9/9/2012

Artigo disponível em português e inglês em:
www.scielo.br/rsp

ABSTRACT

OBJECTIVE: To analyze the effects of exposure to fine particulate matter from burning on hospital admissions due to respiratory diseases in children and the elderly.

METHODS: This is an ecological time series study that took place in the city of Cuiaba, Mato Grosso, in Brazil's Amazon Region, in 2005. Information on the daily levels of fine particulate matter $PM_{2.5}$ was made available by the Brazilian National Institute for Spatial Research. The model included variables related to temperature, relative humidity and adjusts for seasonality and calendar effects. Poisson regression with generalized additive models was used.

RESULTS: A $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in the level of exposure to $PM_{2.5}$ was associated with increases of 9.1%, 9.2% and 12.1% in hospital admissions due to respiratory diseases in children for moving averages of 1, 2 and 5 days, respectively. For the dry season, the level of exposure to particulate matter was associated with increases of 11.4%, 21.6% and 22.0% in hospital admissions in children for moving averages of 1, 5 and 6 days, respectively. No significant link was noticed in the elderly.

CONCLUSIONS: The results show the influence of $PM_{2.5}$ on hospitalizations for respiratory disease in children under 5 in the region studied.

DESCRIPTORS: Child. Aged. Respiratory Tract Diseases, epidemiology. Particulate Matter, toxicity. Air Pollution, adverse effects. Ecological Studies.

INTRODUÇÃO

A queima de biomassa libera dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e água. Em sua etapa final, libera produtos de combustão incompleta, como partículas orgânicas, entre elas o material particulado, o mais associado a problemas de saúde. O material particulado fino tem diâmetros de $0,1 \mu\text{m}$ a menores que $2,5 \mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$) e representa de 60% a 70% de todo o material particulado.⁶

Os grupos mais suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica são crianças, idosos e indivíduos com histórico de doenças respiratórias (DR) e cardiovasculares. Doenças respiratórias em crianças, em especial as infecções respiratórias agudas, asma e bronquite, são relacionadas a altos níveis de poluição do ar. São causas comuns de morbimortalidade.^a Doenças respiratórias ainda são o principal motivo de internação de idosos. A suscetibilidade à poluição atmosférica nessa faixa etária pode ser exacerbada pela debilidade física,

baixa resiliência fisiológica a doenças respiratórias e outras doenças prevalentes.^b

A poluição do ar originária da queima de biomassa tem como principal característica uma sazonalidade bem definida, com alta produção de fumaça restrita a períodos curtos, que variam entre três e seis meses.^c Esses picos ocorrem durante a redução das chuvas de junho a novembro.

O Brasil contribui de forma importante para a emissão de poluentes atmosféricos devido à queima de biomassa. A região Amazônica é a área mais crítica do País. O padrão de circulação atmosférica determina que as emissões da floresta Amazônica desloquem-se para o noroeste e norte do continente sul-americano pelo Oceano Pacífico tropical e pelo Oceano Atlântico Sul, atingindo a região do Caribe.⁷ A fumaça originária de queima de biomassa na Amazônia matogrossense,

^a Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América. Latina y el Caribe. Washington (DC); 2005.

^b Dawud Y. Smoke episodes and assessment of health impacts related to haze from forest fires: Indonesian experience health guidelines for vegetation fire events, Lima, Peru. Lima: World Health Organization; 1999.

^c Carmo CN, Hacon S, Longo KM, Freitas S, Mourão D, Louzano F, et al. Queima de biomassa e doenças respiratórias na região amazônica: uma aplicação de modelos aditivos generalizados. XI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. Bahia, BR. Bahia: SOBRAPO; 2009. p.1472-77.

na região nordeste e norte do estado, desloca-se aos demais municípios das regiões central e sul de Mato Grosso. Além dos efeitos das queimadas para o ecossistema amazônico, as emissões desse poluente contribuem para o aumento da morbidade respiratória nos municípios do arco do desmatamento na região da Amazônia brasileira.⁸

A preocupação mundial com as mudanças climáticas globais e os grandes desmatamentos de florestas naturais despertam interesse para o controle das queimadas no continente sul-americano. Embora existam evidências sobre os riscos representados pela fumaça emitida por queimadas de florestas tropicais para a saúde de grupos populacionais expostos, são escassos e recentes os estudos epidemiológicos realizados nessa região.¹⁰

Este estudo teve por objetivo analisar os efeitos da exposição de partículas finas de queimadas sobre as interações por doenças respiratórias em crianças e idosos.

MÉTODOS

Estudo epidemiológico ecológico de séries temporais com registros diários de internação por doenças respiratórias de crianças < 5 anos e de idosos \geq 65 nos hospitais conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS) de Cuiabá, MT, de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Os grupos etários foram selecionados por serem os mais vulneráveis aos efeitos da poluição atmosférica.^a

Os dados de internações hospitalares por causas respiratórias de acordo com a Classificação Internacional de Doenças – CID 10, categorias JOO a JNN, segundo local de residência, foram obtidos da base de dados do Ministério da Saúde, por meio das Autorizações de Internações Hospitalares (AIH) do SUS para 2005.^d

Foram utilizadas estimativas de concentrações diárias de $PM_{2,5}$, variáveis meteorológicas e de calendário (dias da semana e feriados). As estimativas de $PM_{2,5}$ foram geradas a partir do modelo *Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* (CATT-BRAMS), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que fornece medidas para cada três horas.⁴ Foram calculadas médias aritméticas diárias da concentração de $PM_{2,5}$. Informações de temperatura e umidade relativa

do ar foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) de Cuiabá.^e

O município de Cuiabá tem população de 550.562 habitantes^f e está situado na unidade geomorfológica denominada Depressão Cuiabana, sendo considerado como porta de entrada da floresta Amazônica. As chuvas concentram-se de dezembro a abril. As massas de ar seco sobre o centro do Brasil inibem as formações chuvosas no resto do ano. É comum a chegada de frentes frias vindas do sul do País nesses meses, deixando o clima mais ameno e úmido. O calor faz com que a umidade relativa do ar caia a níveis baixos quando essas frentes se dissipam. A precipitação média anual de 1.469,4 mm³ tem intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março. A temperatura máxima média chega a 34,1°C, mas as máximas absolutas alcançam mais de 40°C e a mínima média em julho, o mês mais frio, é de 16,7°C.^g

Utilizou-se a técnica dos modelos aditivos generalizados para análise de dados.¹³ A estratégia da análise consistiu em modelar a tendência e a sazonalidade da série através de funções *splines* do tempo; os dias de semana e feriados por meio de variáveis indicadoras; as condições meteorológicas por meio de funções *splines* da temperatura e da umidade relativa do ar. Foram realizados diagnósticos em análise de regressão para avaliar a inclusão ou exclusão de termos no modelo e a qualidade de ajuste do modelo final. Os termos correspondentes às concentrações diárias dos poluentes foram adicionados ao modelo, assumindo que a associação com a variável resposta é linear. Foram analisados dois períodos: o ano completo de 2005 e o período da seca, que compreendeu os meses de julho a dezembro. Segundo as informações meteorológicas de 2005, podemos caracterizá-lo como um ano atípico. Investigaram-se as associações da exposição no dia corrente com defasagens de até sete dias e médias móveis de dois a sete dias anteriores ao desfecho. As médias móveis representam a exposição acumulada nos dias anteriores ao desfecho. Foi, assim, possível calcular o excesso de internações.

Os riscos relativos (RR) para internações correspondem ao aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis de $PM_{2,5}$, que é um parâmetro aceito internacionalmente. As análises foram realizadas pelo programa R versão 2.11 e da biblioteca Ares,^h uma coleção de rotinas para análise de séries temporais no programa estatístico R. O nível de significância de 5% foi adotado nas análises.

^d Ministério da Saúde. DATASUS. Informações em Saúde. Brasília (DF); 2011 [citado 2010 nov 21]. Disponível em: <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php>

^e Ministério da Agricultura. Normais climatológicas 2001-2009. Brasília (DF); 2010.

^f Ministério da Saúde. DATASUS. População Residente – Mato Grosso. Brasília (DF); 2010 [citado 2010 dez 5]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popMT.def>

^g Universidade Federal de Mato Grosso. Departamento de Geografia. Laboratório de Climatologia. Médias calculadas com base em dados de 1970 a 2002 do 9º Distrito de Meteorologia. Cuiabá; 2004. Disponível em: http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/perfil_socioeconomico_de_cuiaba_Vol_III.pdf

^h Junger WL. Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2008.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e idosos, variáveis meteorológicas e dados de $PM_{2,5}$. Cuiabá, MT, 2005.

Variável	Média diária	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Internações				
Crianças	3,1	2,2	0,0	11,0
Idosos	2,8	1,8	0,0	9,0
Meteorologia				
Temperatura (°C)	30,8	3,8	16,0	38,4
Umidade relativa (%)	55,4	15,6	22,0	98,0
$PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Anual	7,5	10,4	0,1	91,4
Seca	11,9	13,1	1,2	91,4

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública (Parecer nº 164/08).

RESULTADOS

Foram internados 1.020 idosos e 1.152 crianças por doenças respiratórias em Cuiabá durante 2005. A média diária de internações por doenças respiratórias no município foi de 3,1 crianças e 2,8 idosos. A média diária de $PM_{2,5}$ foi 50% maior na seca do que em todo o ano (Tabela 1).

As séries de $PM_{2,5}$, temperatura e umidade relativa do ar para 2005 estão apresentadas na Figura 1. Houve aumento de $PM_{2,5}$ característico da época de queimadas na Amazônia, que se iniciou no final de julho e começou de agosto, persistindo até no fim de novembro, pequenas oscilações de temperaturas e típica redução de umidade relativa do ar característica da estação seca.

A análise de correlação não mostrou associação entre o poluente e as variáveis de desfecho. Houve correlação estatisticamente significativa entre temperatura e internação de crianças com DR e correlações inversas entre umidade e $PM_{2,5}$ e umidade e temperatura, ambas estatisticamente significantes (Tabela 2). Isso justifica o uso de tais medidas como variáveis de ajuste nos modelos.

Exposição ao $PM_{2,5}$ associou-se à internação por DR em crianças para todo o ano de 2005 e período de seca, tanto pelo método com defasagens quanto pelo de médias móveis. Em todo o período de 2005, houve incremento de internação em relação às médias móveis, sendo de 9,1%, de um dia (IC95% 1,8%;18,1%), de 9,2% de dois dias (IC95% 0,1%;19,4%) e de 12,0%

de cinco dias (IC95% 0,2%;25,5%) (Figura 2a). As associações foram maiores no período seco. Nesse último período houve incremento das médias móveis de 11,4%, em um dia (IC95% 1,7%;22,2%), de 21,6%, em cinco dias (IC95% 4,9%;41,1%) e de 22,0% em seis dias (IC95% 4,3%;42,8%) (Figura 2b). Não foram encontradas associações estatisticamente significantes entre exposição ao $PM_{2,5}$ e internação de idosos por DR em nenhum dos períodos (Figuras 2a e 2b).

DISCUSSÃO

A associação entre poluição atmosférica e a maior ocorrência de doenças respiratórias na população de diferentes países aparece na literatura científica desde a metade do século passado. Episódios como os de Donora (EUA) em 1948 e de Londres (Inglaterra) em 1952 constituíram-se exemplos dessas relações^{1,2} e propiciaram a formulação de leis que visavam ao controle da poluição do ar, particularmente nos Estados Unidos na década de 1970.⁵

A poluição do ar originária de queimadas acontece de maneira diversa daquela de centros urbanos. Nesses centros, é caracterizada por exposição por longos períodos e baixos níveis de poluentes, enquanto a queima de biomassa tem como principal característica a sazonalidade bem definida¹¹ e elevados níveis principalmente de material particulado, que chegou a 91,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 2005 (Tabela 1).

A utilização do fogo em campos naturais e florestas é criticada por ambientalistas, cientistas e sociedade em geral. Contudo, constitui realidade e prática comum em regiões tropicais e subtropicais, especialmente naquelas caracterizadas por estação seca pronunciada. Essa situação é comum em várias regiões do País, em especial na Amazônia brasileira. É também comum observar florestas próximas aos pastos atingidas por queimadas promovidas por fazendeiros para renovação do solo em Mato Grosso. Esse hábito leva a grandes incêndios florestais em épocas de grande estiagem e a intensa exacerbação dos problemas de saúde da população.³

Levantamento do INPE^k identificou 9.070 focos de queimada no Brasil entre 16 e 17 de agosto de 2010. Foram lançados mais de três milhões de toneladas de monóxido de carbono na atmosfera apenas no estado de Mato Grosso do início do ano até meados de agosto de 2010. Essa situação fez com que a procura por atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias tenha sido o dobro da média dos últimos anos em Cuiabá, em 2010.^{1A}

¹ World Health Organization. Health Guidelines for Vegetation Fire Events. Geneva; 1999.

² Shrenk HH, Heimann H, Clayton GD, Gafafer WM, Wexler H. Air pollution in Donora, PA: epidemiology of the unusual smog episode of October 1948: preliminary report. Washington (DC): United States Public Health Service; 1949. (Public Health Bulletin, 306).

^k Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES. Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Brasília (DF); 2010 [citado 2010 dez 5]. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>

¹ Ministério da Saúde. DATASUS. Produção ambulatorial do SUS - Mato Grosso - por local de atendimento. Brasília (DF); 2010 [citado 2010 dez 26]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defhtotm.exe?sia/cnv/qamt.def>

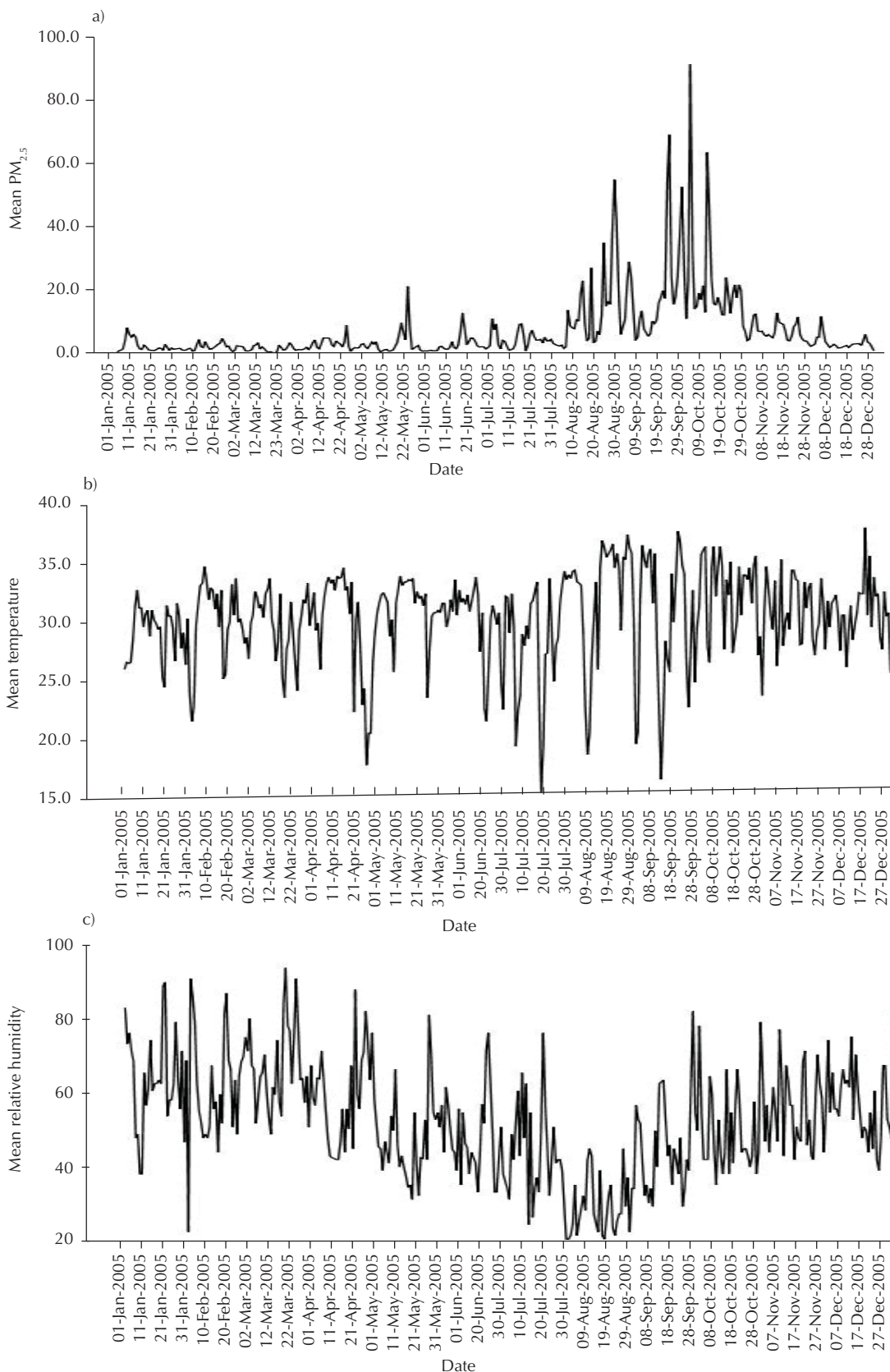


Figura 1. Séries temporais de PM_{2.5} (µm/mm³) (a), Temperatura média (°C) (b) e Umidade Relativa do ar (%) (c) incluídas no estudo. Cuiabá, MT, 2005.

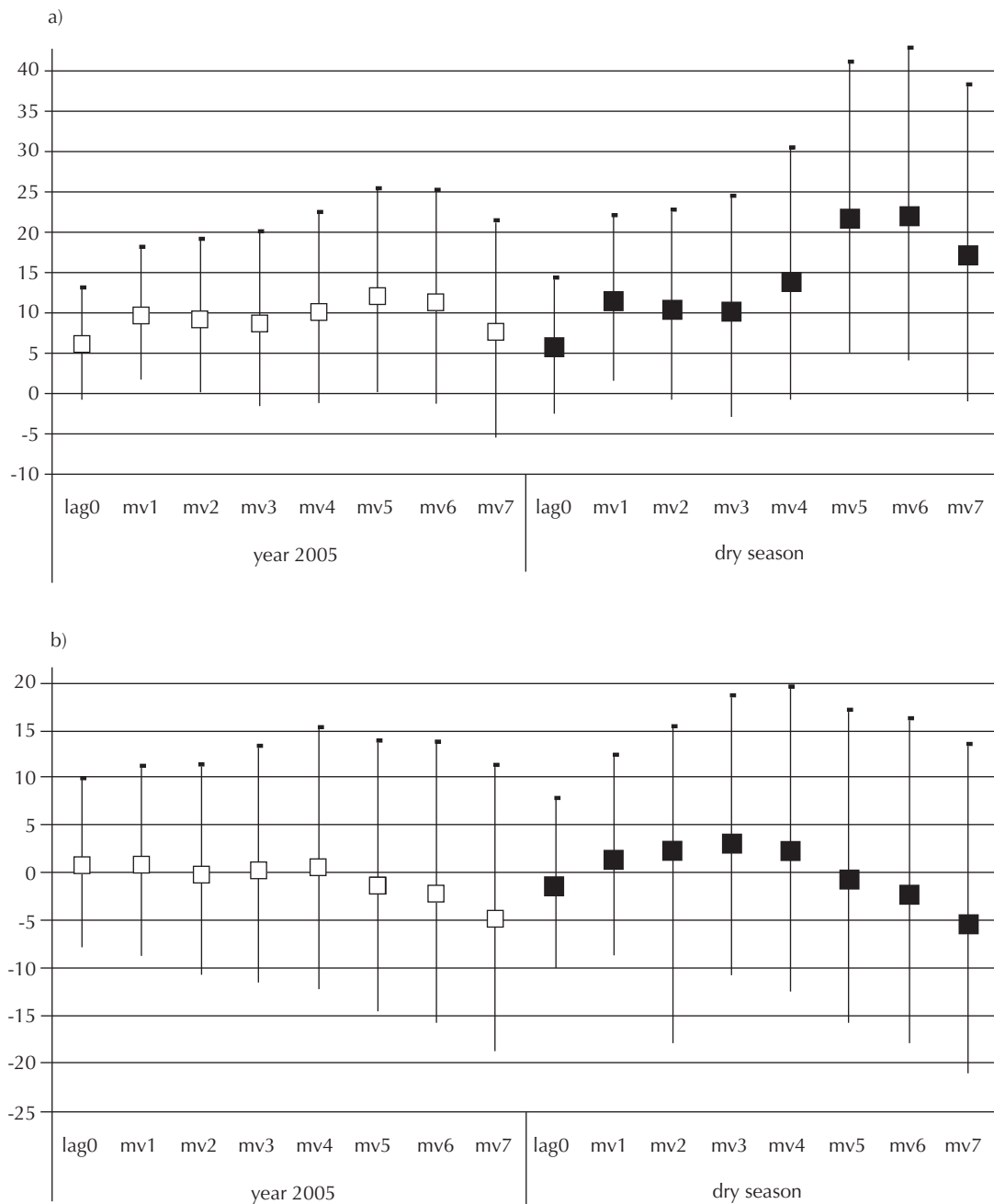


Figura 2. Incremento percentual e intervalos de confiança para internações hospitalares por doenças respiratórias de crianças (a) e idosos (b) em função do aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do $\text{PM}_{2.5}$ durante o ano de 2005 e durante a estação seca. Cuiabá, MT, 2005.

taxa de internações por doenças respiratórias em Cuiabá foi quatro vezes maior do que na região metropolitana da cidade de São Paulo no mesmo período.^m

A exposição ao $\text{PM}_{2.5}$, originária da queima de biomassa, está associada ao aumento das internações por doenças respiratórias em crianças < 5 anos em Cuiabá, no sul da Amazônia matogrossense. Esses resultados são

concordantes com os encontrados em outras investigações referentes à queima de biomassa.^{4,12}

Estudo de análise de séries temporais realizado na cidade de Piracicaba, SP, em 1997 e 1998 quantificou as internações hospitalares diárias por DR em crianças, adolescentes e idosos > 65 anos.⁴ Houve aumento de 32,0% no número de internações hospitalares por

^m Ministério da Saúde. DATASUS. Morbidade hospitalar do SUS - por local de residência. Brasília (DF); 2010 [citado 2010 dez 26]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthm.exe?sih/cnv/nrmt.def>

Tabela 2. Matriz de correlação de Pearson das variáveis estudadas. Cuiabá, MT, 2005.

Variável	PM _{2,5}	Temperatura	Umidade	Idosos	Crianças
PM _{2,5}	1				
Temperatura	0,10	1			
Umidade	-0,14 ^a	-0,60 ^a	1		
Idosos	-0,03	0,04	-0,05	1	
Crianças	0,09	0,11 ^b	-0,07	0,16 ^b	1

^a p < 0,001^b p < 0,05

DR em crianças e adolescentes, associado à variação interquartil do PM₁₀ e PM_{2,5}. Lopes & Ribeiro⁹ (2006) verificaram a correlação entre os produtos das queimadas de cana-de-açúcar e a incidência de problemas respiratórios em regiões afetadas por meio de técnicas de geoprocessamento de 2000 a 2004 no estado de São Paulo. Houve maior ocorrência de doenças respiratórias em regiões onde há prática de queimadas. Arbex et al¹ (2004) estudaram o efeito da queima da cana-de-açúcar sobre os atendimentos ambulatoriais para inalação no município de Araraquara, SP, em 1995, por análise de séries temporais encontrando maior taxa de internação hospitalar nos períodos de maior queima de cana-de-açúcar. Carmo et al⁶ (2009) encontraram aumentos de 2,9% e 2,6% nos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias de crianças no sexto e sétimo dias subsequentes à exposição por PM_{2,5} e não encontraram associações significativas nos atendimentos de idosos no município de Alta Floresta, localizado na Amazônia matogrossense. Botelho et al³ (2003) encontraram maior taxa de internação hospitalar em crianças < 5 anos na seca comparada ao das chuvas ao analisarem atendimentos de urgência por doenças respiratórias em Cuiabá. Silva et al¹² (2010), em estudo utilizando as mesmas estimativas do modelo *Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System* (CATT-BRAMS), analisaram espacialmente o efeito da exposição ao PM_{2,5} na ocorrência de doenças respiratórias de crianças de um a quatro anos e de idosos ≥ 65 anos em Mato Grosso em 2004. Encontraram associações estatisticamente significativas entre a ocorrência de internações por doenças respiratórias e o percentual de horas críticas anuais de material particulado.

Casos que demandam internações hospitalares apresentam risco maior do que aqueles que demandam consultas médicas na rede básica. Neste estudo não foi possível realizar o levantamento dos atendimentos ambulatoriais, o que impediu a avaliação dos riscos que a poluição por PM_{2,5} poderia apresentar sobre as doenças respiratórias que demandam menores níveis de complexidade de atendimento.

Existe risco acumulado entre as médias móveis de exposição do primeiro ao sétimo dia, no período da

seca, devido à permanente associação entre elas e o risco de internação por doenças respiratórias em crianças, apesar de algumas comparações não terem apresentado significância estatística (Figura 2a). Esse dado aponta para um efeito peculiar e persistente de PM_{2,5} sobre a morbidade dessas doenças nessa faixa etária, em Cuiabá. As associações encontradas neste estudo foram maiores do que as encontradas em estudos semelhantes. Isso sugere que a gravidade dos casos de doença respiratória em crianças em Cuiabá seja maior do que aquela dos casos que ocorrem em regiões metropolitanas e em outras cidades pertencentes ao bioma amazônico. O desenho de estudo utilizado não permite a mensuração da exposição individual ao PM_{2,5}, impossibilitando a análise conjunta de outros fatores e desfechos que poderiam contribuir para explicar melhor esse fenômeno.

Não foi observada associação entre a exposição ao PM_{2,5} e internação por doença respiratória em idosos. Particularmente nesse estrato da população, além do dano respiratório causado pelos poluentes de queimadas, existem co-morbidades associadas, o que pode ter contribuído para essa ausência de associação.¹¹ Contudo, não se pode desconsiderar a diferença das metodologias utilizadas entre esses estudos nos níveis de exposição, além das diferenças entre as populações estudadas.

Neste trabalho foram utilizados dados de internações por doenças respiratórias. Estudo de Bittencurt et al² (2006) destaca que o Sistema de Informações Hospitalares (SIH), de onde provêm os dados de internações, utiliza como unidade de análise a AIH e não o indivíduo doente. Assim, tem-se como fragilidade a utilização das internações como aproximação do número de casos de doença. Todavia, esse vem sendo apontado como um dos melhores indicadores dos agravos de doenças respiratórias.¹⁴

Cuiabá localiza-se na Amazônia legal e em meio ao cerrado matogrossense. Sabe-se que parte dos poluentes do ar é oriunda de fontes antropogênicas (móveis e estacionárias) e outra origina-se das queimadas de pastos, incêndios florestais e quintais. A intensa produção de queimadas do sul da Amazônia localiza-se em região

adjacente e próxima a Cuiabá. O CATT-BRAMS realiza a modelagem de poluentes por meio de um sistema computacional elaborado para simular e estudar o transporte atmosférico de produtos originários da queima de biomassa. Dessa forma, prediz com boa precisão a concentração do $PM_{2,5}$ na região amazônica e em Cuiabá, considerando a influência do efeito adicional dessas diversas fontes de poluentes. A comparação das estimativas desse modelo com medidas reais de $PM_{2,5}$ aferidas *in loco* foram validadas e consideradas satisfatórias.⁷ Esse modelo não considera as exposições diretas ao $PM_{2,5}$ proveniente de outras fontes antropogênicas,

uma vez que não foram feitas análises químicas desse particulado. Outras partículas, além das provenientes de queimadas, estão provavelmente presentes, embora em menores quantidades.

Os resultados desta investigação evidenciaram a influência de $PM_{2,5}$ sobre a ocorrência de internações por doenças respiratórias em crianças < 5 anos em Cuiabá. Provavelmente, o mesmo esteja ocorrendo em outras cidades e regiões que convivem com grande queima de biomassa.

REFERÊNCIAS

1. Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *J Bras Pneumol*. 2004;30(2):158-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132004000200015>
2. Bittencourt AS, Camacho LB, Leal MC O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cad Saude Publica*. 2006;22(1):19-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000100003>
3. Botelho C, Correia AL, Silva AMC, Macedo AG, Silva COS. Fatores ambientais e Hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. *Cad Saude Publica*. 2003;19(6):1771-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000600021>
4. Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara LBL, Artaxo P, Martinelli LA, et al. The impact of sugar cane-burning emissions on the respiratory system of children and the elderly. *Environ Health Perspect*. 2006;14(5):725-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8485>
5. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;153(1):3-50.
6. Donaldson K, Stone V, Clouter A, MacNee W. Ultrafine particles. *Occup Environ Med*. 2001;58(3):211-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.58.3.211>
7. Freitas SR, Longo KM, Dias MAFS, Chatfield R, Dias PLS, Artaxo P, et al. The coupled aerosol and tracer transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: model description and evaluation. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2007;7(3):8525-69. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/acpd-7-8525-2007>
8. Ignotti E, Hacon S, Silva AMC, Junger WL, Castro HA. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção de municípios segundo indicadores de saúde. *Rev Bras Epidemiol*. 2007;10(4):453-64. DOI: dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2007000400003
9. Lopes FS, Ribeiro H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Rev Bras Epidemiol*. 2006;9(2):215-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2006000200008>
10. Rodrigues PCO, Ignotti E, Rosa AM, Hacon SS. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. *Rev Bras Epidemiol*. 2010;13(3):523-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2010000300015>
11. Santos JS, Barros MDA. Idosos do Município do Recife, Estado de Pernambuco, Brasil: uma análise da morbimortalidade hospitalar. *Epidemiol Serv Saude*. 2008;7(3):177-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742008000300003>
12. Silva AMC, Mattos IE, Freitas SR, Longo KM, Hacon SS. Particulate matter (PM_{2.5}) of biomass burning emissions and respiratory diseases in the South of the Brazilian Amazon. *Rev Bras Epidemiol*. 2010;13(2):337-351. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2010000200015>
13. Hastie T, Tibshirani R. Generalized additive models. Londres: Chapman & Hall; 1990.
14. Veras CMT, Martins MS. A confiabilidade dos dados nos formulários de autorização de internação hospitalar (AIH). *Cad Saude Publica*. 1994;10(3):339-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1994000300014>